

# 苏北岸外辐射沙洲王港西洋潮流通道 稳定性研究<sup>\*</sup>

尤坤元 朱大奎 王雪瑜 孙亚梅 周旅复 马仲荃

(南京大学海岸与海岛开发国家试点实验室 南京 210008)

**摘 要** 在粉砂淤泥海岸, 利用潮流通道建港, 稳定性是一个首要问题。该文首先分析了西洋潮流通道的环境背景, 然后根据实测资料, 利用多种方法, 包括地理信息系统、遥感研究、沉积物粒度、矿物、微体及水文泥沙资料分析等对西洋的稳定性作了综合研究, 认为, 西洋通道特别是其西水道是一条稳定性好的潮流通道。

**关键词** 辐射沙洲 西洋潮流通道 稳定性研究

**分 类** 中图法 P737.1

江苏中部沿海地区没有一个深水海港, 严重制约着外向型经济的发展和苏北地区经济的腾飞。近来, 江苏又提出发展海上苏东, 海港的兴建, 发展海上运输就显得更为迫切。

西洋潮流通道是王港外辐射沙洲区内侧的水道深槽(图1), 平面上呈向北北西开口的喇叭形。深槽靠岸, 水深浪小, 最大水深34 m, 槽内以小阴沙和瓢儿沙为界分为东西两水道。西水道中, 位王港外不远的-20 m南深槽, 达25 km<sup>2</sup>, -13 m水深贯通外海, 可作深水泊位预选港址。在粉砂淤泥质海岸, 利用潮流通道深槽建设海港, 对预选港址和通航道的稳定性研究是一个首要问题。

## 1 西洋深槽的环境背景

### 1.1 辐射沙洲动态

西洋是江苏岸外辐射沙洲北面的一条主要潮流通道, 它的稳定与否与整个辐射沙洲的演变和动态密切相关。

辐射沙洲自形成以来, 现仍处于一种自然调整的动态平衡状况。据沙洲区水文断面测量估算<sup>[1]</sup>, 每年进入沙洲区泥沙: 北面来自废黄河水下三角洲 $1.09 \times 10^8$  t, 东面来自长江水下三角洲的 $2.02 \times 10^8$  t, 南面来自现代长江口的 $0.35 \times 10^8$  t, 而向东北方向输出 $1.6 \times 10^8$  t, 即每年从外海输入泥沙约 $2 \times 10^8$  t, 而根据1980年~1984年沿岸潮滩地形测量, 每年的淤积量估算可高达 $7.7 \times 10^8$  t, 淤积量大大超过输入泥沙, 这部分泥沙是由冲刷沙洲区

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金重点项目(49236120)、自然科学基金(49671071)与南京大学现代分析中心测试基金(DL-5)资助项目。

收稿日期: 1997-06-09, 收到修改稿日期: 1997-12-31

外围及各潮流通道海底而来。西洋通道也不例外, 在强劲潮流冲刷下, 处于冲刷逐渐加深状态。

1. 2 王港海岸变化

王港粉砂淤泥平原海岸岸线进退、蚀积状况受黄河变迁控制。黄河南徙以前的 3 000 年间, 岸线一直停留在东岗附近<sup>[2]</sup>。在 1128 年至 1494 年黄河南北分流期间, 苏北滨海平原约以 34 m/a 的速率向海淤进。1494 年以后, 黄河全部水沙经淮河入海, 巨量泥沙由沿岸流输来, 岸线迅速外推。清乾隆时的岸线离现在海岸近 20 km, 海岸平均向海淤长速率可达 86 m/a。

1855 年, 黄河北徙入渤海, 江苏海岸失去河流泥沙的直接供给而很快作出调整, 废黄河三角洲表演最突出, 海岸遭强烈侵蚀, 后退速度达 63 m/a。王港海岸横剖面也有反映, 潮上带仍在堆积、扩大, 而潮下带滩面明显有冲刷现象, 水边线处成为较陡的冲刷坡。

1. 3 西洋深槽的历史演变

据研究<sup>[3]</sup>, 西洋深槽的演变与黄河迁移密切相关。在黄河全流夺淮以前, 明朝初期, 那时利用西洋, 漕船可直抵盐城。1494 年黄河全流夺淮后, 这条水道成为黄河入海泥沙南下的渠道, 后由于泥沙程沉积, 形成的沙洲不断并陆, 隔断了这条水道, 使南下的近岸泥沙流不能直接影响江苏南部海岸。

1855 年黄河北归, 西洋不再直接受黄河入海大量泥沙的影响, 在强劲的潮流冲刷下, 水道不断加深加长, 向南延伸。据 1937 年日测海图, 西洋深槽 11 m 深度线已南抵今龙王庙正东。1947 年版海图, 14.6 m 深槽已南伸至今四卯西河口。同时, 水道亦不断侵蚀加宽。1957 年的渔场图表明, 在 50 年代, 西洋水道已把四卯西—笆斗山以前并滩沙洲及临近的暗沙冲刷殆尽, 水道已延伸到笆斗山附近。1964 年以后测量的海图资料表明, 西洋水底还在遭受冲刷, 加深扩大, 沙脊高度刷低, 面积在缩小。

2 西洋深槽稳定性分析

2. 1 地理信息系统分析

根据西洋 1963 年、1979 年、1992 年测量的海图, 借助地理信息系统 (GIS) 技术, 对西洋深槽各时期海底地形变化进行了对比分析, 整体上讲西洋深槽, 从 60 年代到 90 年代,

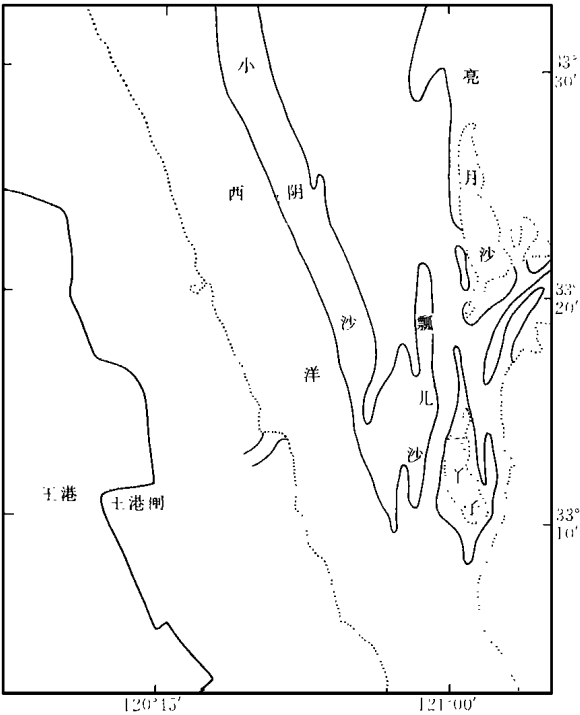


图 1 王港西洋潮流通道示意图

Fig. 1 Sketch map showing Xiyang tidal channel

一直处在不断地刷深展宽。据计算机统计, 60 年代水深大于 10 m 的面积有 269. 15 km<sup>2</sup>, 占总面积 849. 0 km<sup>2</sup> 的 31. 7%, 70 年代为 337. 63 km<sup>2</sup>, 占总面积的 39. 8%, 90 年代为 386. 46 km<sup>2</sup> 占 45. 5%。由计算机进行不同年代水深图的叠加, 得到西洋冲淤深度与它们的面积变化统计如表 1。由表 1 反映出, 从 60 年代到 90 年代, 不同时段内刷深的面积要大于淤积的面积, 西洋的深度总体是一直有所加深。由叠加的图上也显示, 冲刷处主要位于瓢儿沙和三丫子的西侧, 最大冲深达 18 m 多, 主要淤积处位于东水道南口东侧。

表 1 西洋冲淤变化与面积

Tab 1 Eroded or accumulated depth and area of Xiyang

冲淤变化 (m)	面积 (km <sup>2</sup> )		
	60 年代 ~ 70 年代	60 年代 ~ 90 年代	70 年代 ~ 90 年代
> 10	4. 1 (0. 5)	9. 32 (1. 1)	0. 1 (0. 01)
10 ~ 5	32. 6 (3. 9)	28. 79 (3. 4)	33. 92 (4. 0)
5 ~ 1	117. 85 (14. 0)	127. 97 (15. 1)	201. 25 (23. 7)
1 ~ - 1	302. 05 (35. 9)	247. 97 (29. 2)	252. 40 (29. 7)
- 1 ~ - 5	332. 08 (39. 5)	319. 59 (37. 6)	278. 90 (32. 9)
- 5 ~ - 10	49. 72 (5. 9)	99. 01 (11. 7)	70. 03 (8. 2)
< - 10	2. 66 (0. 3)	16. 62 (2. 0)	12. 40 (1. 5)

注: 括号内数字为占总面积的百分比。

西洋内部各处的稳定性也存在着一定的差异; 在东水道的北部海底在刷深, 15 m 以上水深面积在扩大。但其南部, 特别是南口的地形变化大, 不稳定, 瓢儿沙、东沙与小阴沙沙体有连成一体的趋势, 东、西水道间的通道水深已不足 5 m。西水道, 从 60 年代至 90 年代, 一直处于切深展宽, 其南槽切深变化特别显著。由于水道的展宽, 使瓢儿沙、小阴沙等向东移动。据计算机统计, 西水道处于动态平衡和冲刷状态的面积占总面积的 70% 以上, 为西洋的主水道, 水道环境优越, 有利于布设深水泊位。

2. 2 遥感图象分析

本次搜集了 1975 年 ~ 1992 年 LANDSAT、MSS 和 TM 有关时期的卫星遥感相片, 选择瞬时潮位接近的相片进行了对比分析。由卫片显示, 整个辐射沙洲有从西北向东南移动的趋势, 即蒋家沙以北沙脊有南移的趋势, 而蒋家沙整体相对稳定。整个辐射沙洲的外缘沙洲, 特别是一些小的沙洲有向大的沙洲合并的趋势。辐射沙洲这种整体变化态势, 对西洋的稳定是有利的。

遥感资料又显示, 小阴沙呈长条状, 在各个不同时期其位置均稳定在王港岸外 10 km 处, 在 1992 年影象上发现小阴沙南端向西偏移; 东沙北部亮月沙位置相对稳定, 边缘微向南移, 三丫子与东沙间在 1987 年之前有一水道相隔, 1992 年时三丫子与东沙相连, 水道消失; 西洋王港岸段除滩上潮沟有移动和变迁外, 岸线基本稳定。因此, 西洋水道从整体看是稳定的, 且有进一步刷深扩大趋势, 对建港有利, 但东水道南口不很稳定, 有较大变化, 另外, 王港河闸下入海河口一直不稳定, 变动较大, 这在港口布局和设计时需予以注意。

2. 3 海底沉积物研究

2. 3. 1 底质粒度特征 西洋深槽底质沉积物主要为细砂, 只有极小部分海底出现粉砂质

砂、砂质粉砂和泥质粉砂等。通过本次底质样品分析结果与 1980 年~1982 年江苏省海岸带调查时的西洋底质图对比可以看出, 西洋底质变化主要有两处: 一处是 80 年代初期西洋为大片细砂分布, 现在在东水道北部出现一片较细的粉砂质砂和砂质粉砂, 沉积物稍有细化趋势; 另一处是王港口以南的地方, 十余年前, 这一带的低潮水边线恰好是岸滩的砂质粉砂和水域的细砂分界线, 该分界线现已向海移动了 3 000 m~4 000 m。底质粒度与海洋动力、海底蚀积状况和沉积物来源等有关。西洋深槽十余年来仍为大片细砂所覆盖, 特别是西水道底质没有什么变化, 说明西洋在潮流和波浪作用下, 处于相对稳定或冲刷状态。上述东水道北部沉积物稍有细化, 参考地理信息系统地形分析及后面要介绍的有孔虫分析, 似为这里海底受侵蚀, 下部细颗粒沉积加入到海底表层沉积所致。王港口以南的变化是由于岸滩稍有向海扩张引起。

2.3.2 底质中有孔虫 利用海底沉积层中冲刷出的所谓老的有孔虫壳在表层现代沉积中的出现, 出现的多寡作为指标, 可用来分析海底侵蚀现象是否存在及相对强弱程度。研究区海底各处表层沉积中均含有一定比例的老壳, 说明海底现代泥沙供给少, 有部分来自海底老沉积侵蚀而来。对比各处所含老壳比例可以发现, 老壳含量最高处在西洋西水道的南深槽, 可占全群的 36.7%, 其次为东水道的北部, 达 29.7%, 前者正是地理信息系统方法分析一直处切深变大的南深槽地区, 后者亦是近年海底遭侵蚀, 水深加大的地方。

2.3.3 矿物分析 据西洋表层沉积物中重矿物特征与海区附近的长江、黄河泥沙对比, 其含量及种类介于废黄河口与长江之间, 更接近于长江物质 (表 2)。另外, 标志黄河泥沙

表 2 西洋表层沉积、废黄河三角洲沉积、长江悬沙重矿物含量 (%)

Tab. 2 Heavy mineral percentage content in the surface sediments of Xiyang, the delta sediments of the abandoned Yellow River and the suspended load of the Changjiang River

矿 物	废黄河口	西 洋	长江悬砂 (1986 年大通站)		
	0.25~0.04 (mm)	0.25~0.06 (mm)	0.25~0.1 (mm)	0.05~0.01 (mm)	0.05~0.025 (mm)
角闪石	13.49	44.81	46.49	42.01	59.95
绿帘石	15.80	6.81	17.66	8.46	7.31
褐铁矿	6.16	29.81	18.69	38.25	13.94
磁铁矿	9.47	12.64	15.06	8.46	4.19
钛铁矿	32.31	1.08	痕	0.31	
锆 石	4.88	2.17	1.56	1.26	2.09
磷灰石	0.04	1.38	0.50	0.63	11.12
石榴子石	16.77	0.76	痕	痕	痕
电气石	0.26	0.04		痕	痕
红柱石		0.03	痕	痕	痕
白钛石	0.12	0.31	痕	痕	0.70
锐钛矿	0.04	0.02	痕	痕	0.70
金红石	0.45	0.16	痕	0.31	痕
榍 石	0.20	0.04	痕	0.31	痕
刚 玉		痕		痕	
板钛矿				痕	
独居石				痕	

组分的石榴子石和钛铁矿、碳酸盐矿物在西洋沉积物中含量也不高; 黄河泥沙中锆石形态比较简单, 长江的较为复杂, 本区的锆石形态较为多样。这些特征都表明西洋沉积物粗颗粒部分可能主要来自长江。

沉积物中的细颗粒来源有所不同。从本区粘土矿物组分与黄河、长江的对比 (表 3) 可见, 蒙皂石、高岭石、绿泥石含量与黄河泥沙较为接近, 而伊利石含量要比黄河、长江略高一些。由此可见, 研究区细颗粒物质来源与古黄河三角洲关系更为密切。

表 3 西洋、长江、黄河粘土矿物含量 (%)

Tab. 3 Clay mineral percentage content in the sediments of Xiyang, the Changjiang River and the Yellow River

矿 物	黄 河 (杨作升)	长 江 (杨作升)	西 洋	黄 海 (刘敏厚等)
伊利石	62	60 ~ 65	71 (65 ~ 75)	60 ~ 65
蒙皂石	16	6	16. 5 (15 ~ 20)	5
高岭石	10	20 ~ 30	7 (5 ~ 8)	20 ~ 30
绿泥石	12	10 ~ 15	7 (5 ~ 8)	10 ~ 15

从目前情况来看, 废黄河泥沙的供应不会增加, 且会有减少趋势 (废黄河三角洲作为泥沙库的功能会逐渐削弱), 长江来源物质近期亦不会有太大变化。因此西洋泥沙来源是稳定的或有所减小。这种泥沙供给态势, 决定了西洋具有稳定或稍有冲刷的总趋势。

2. 4 水动力条件

西洋通道由于受岸外沙脊的屏障, 波浪作用不强, 据河海大学海岸与海洋工程研究所推算, 王港外西洋深槽内, 在设计高水位和二年一遇风速条件下, 有效波高约 1 m, 平均波高不到 0. 7 m。因此, 西洋海洋动力以潮流作用为主。据实测资料, 西洋潮流为往复流, 流速大, 涨落潮最大流速均可达 2. 50 m/s 以上, 一般落潮流速大于涨潮流速, 不利于泥沙的沉积。由实测资料计算 (表 4), 西洋通道的输沙有如下特点: 大潮时输沙比小潮大得多; 除东水道南口附近的 D<sub>3</sub>、D<sub>4</sub> 站外, 西洋西水道中的 D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>、D<sub>5</sub>、D<sub>6</sub>、D<sub>7</sub> 各站净输量均指向落潮方向, 即输向槽外, 这种输沙特征, 对维持深槽特别是西水道是非常有利的。

表 4 西洋各测站全潮单宽输沙量

Tab. 4 Count of sediment transportation per unit width during a tidal period at various stations of Xiyang channel

潮 型	测 站	涨 潮 ( t/ m)	落 潮 ( t/ m)	净输沙量 ( t/ m)	迁移方向 ( °)	潮 型	测 站	涨 潮 ( t/ m)	落 潮 ( t/ m)	净输沙量 ( t/ m)	迁移方向 ( °)
大 潮	D <sub>1</sub>	985	1 297	312	346	小 潮	D <sub>1</sub>	428	401	27	189
	D <sub>2</sub>	859	950	91	10		D <sub>2</sub>	78	149	71	334
	D <sub>3</sub>	578	684	106	68		D <sub>3</sub>	288	154	134	165
	D <sub>4</sub>	537	221	316	168		D <sub>4</sub>	127	73	54	197
	D <sub>5</sub>	1 308	1 971	663	314		D <sub>5</sub>	293	244	49	151
	D <sub>6</sub>	1 295	1 817	522	10		D <sub>6</sub>	486	474	12	216
	D <sub>7</sub>	1 561	2 025	464	332		D <sub>7</sub>	623	945	322	322

3 结语

(1) 西洋所处大的沉积环境背景有利于深槽稳定。辐射沙洲，处于动态平衡，其深槽处于冲刷或稳定状态，西洋也不例外。黄河的北归，海岸线逐渐趋向稳定，西洋不再直接受黄河入海泥沙影响，深槽不断向南延伸、加深扩大。

(2) 西洋通道受强潮作用，潮流速大，往复流明显，落潮流速一般大于涨潮流速，净输沙方向主要是输向槽外，有利于深槽的维持。

(3) 西洋深槽从整体上讲是一条稳定的潮流通道，处于不断地刷深展宽，但在深槽内部各处存在一定差别：东水道北部在刷深，而其南口稳定性差，变化较大；西水道是西洋的主水道，海底 70% 的面积处于动态平衡或稍有冲刷状态，潮流净输沙向口外，主要显示出冲宽刷深，特别是南深槽，一直处在切深展宽。西水道环境优越，是一条稳定性好的潮流通道。

参 考 文 献

1 任美镔主编. 江苏省海岸带和滩涂资源综合调查报告. 科学出版社, 1986

2 顾家裕, 严钦尚, 虞志英. 苏北中部滨海平原贝壳砂堤. 见 严钦尚, 许世远等著. 长江三角洲现代沉积研究. 华东师范大学出版社, 1987. 49 ~ 58

3 张忍顺, 陈才俊等著. 江苏岸外沙洲演变与条子泥并陆前景研究. 海洋出版社, 1992

4 杨作升, 黄河、长江、珠江沉积物中粘土的矿物组合、化学特征及其与物源区气候环境的关系. 海洋与湖沼, 1988, 19 (4) 336 ~ 346

5 刘敏厚, 吴世迎, 王永吉著. 黄海晚第四纪沉积. 海洋出版社, 1987

作 者 简 介

尤坤元, 男, 1941 年 3 月生, 副教授。从事海洋沉积地貌、微古研究, 曾发表 “Modern sedimentation rate in the vicinity of Changjiang estuary and on adjacent continental shelf. ”、“海南岛洋浦湾和三亚湾底质中有孔虫的研究”等论文。

THE STABILITY ANALYSIS OF XIYANG TIDAL  
CHANNEL IN RADIAL SUBMARINE SAND  
RIDGES ALONG NORTH JIANGSU

You Kunyuan   Zhu Dakui   Wang Xueyu   Sun Yamei   Zhou Lufu   Ma Zhongquan  
(*State Pilot Laboratory of Coast & Island Exploitation, Nanjing University, Nanjing 210008*)

Abstract

The study on the stability is a first problem in costruction of harbour on the tidal channel in the mud-silt coast. In this paper, environmental background of Xiyang tidal channel is firstly analysed, then based on the data from the practical investigation, the stability of Xiyang tidal channel is comprehensively studied using manifold analysis methods including: GIS, remote sensing, sediments (grain size, mineral and foraminifera), marine hydrodynamic conditions and so on.

Based on the above works, the conclusions drawn are as follows:

1. Xiyang tidal channel, located between Wanggang coast tending gradually to stable and radial submarine sand ridges under a dynamic equilibrium state, has an environmental back-ground beneficial to its stability. After the loss of a great deal of sediments directly from the Huanghe River in 1855, Xiyang channel began extending, widening and deepening southwards.
2. The tide in Xiyang channel is strong, with a maximum tidal velocity of more than 2.50 m/s. Ebb current velocity is generally larger than flood current velocity. The net transport of sediment by tidal current is mainly towards the outside of Xiyang channel. The hydrodynamic conditions in Xiyang channel are favorable to maintaining water depth of the channel.
3. Overall, Xiyang tidal channel is under the stable condition, but the stability of different parts in Xiyang channel is a little bit different. The south mouth of the east channel is the least stable in Xiyang channel, but the west channel, especially its south deep trough, is more stable.

**Key words**   radial submarine sand ridges, Xiyang tidal channel, stability analysis